昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*，January 2007，50(1)：79 – 84 ISSN 0454-6296

柑桔爆皮虫幼期各虫态的形态学观察

魏书军[1]，郑宏海[2]，皇甫伟国[3]，施祖华[1]，陈学新[1,*]

(1. 浙江大学昆虫科学研究所，杭州 310029；2. 浙江省象山县植物保护站，浙江象山 315700；3. 宁波市农业科学研究院，浙江宁波 315040)

摘要：采用田间观察和室内观察相结合的方法，使用 Leica MZ 16A 研究型体视解剖镜，对柑桔爆皮虫 *Agrilus auriventris* Saunders 幼期各虫态的形态进行了系统的观察。结果发现：卵初产时为乳白色，后变为浅褐色并开始皱缩，末期变为黄褐色，孵化前部分卵壳分离为白色蜡质外层和黄褐色内层两层；幼虫孵化的同时直接从卵壳贴近树皮的一侧蛀入韧皮部，同时将大量虫粪排入卵壳；幼虫随着虫龄的增加钳状突的阶数和口上片的宽度发生有规律的变化，末龄幼虫在木质部作一椭圆形蛹室化蛹，身体的头部和尾部以 3∶7 的比例对折；化蛹前的幼虫经历一个身体缩短的预蛹状态；刚化的蛹为乳白色，复眼颜色与身体相似，化蛹后蛹的颜色逐渐变为淡黄色，复眼颜色变为浅红褐色，后期复眼变为红褐色，口器变黑，羽化前蛹的复眼、口器和体表全部变黑；羽化过程中，成虫体表的膨胀导致蛹表皮脱裂，前翅变黑和腹部背面变成碧蓝色后羽化成完整的成虫。本结果进一步支持将柑桔爆皮虫幼虫期分为 5 龄。

关键词：柑桔爆皮虫；幼期；形态学；卵壳；孵化；蛹化；羽化

中图分类号：Q964 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2007)01-0079-06

Morphological observation on the immature stages of *Agrilus auriventris* Saunders (Coleoptera：Buprestidae)

WEI Shu-Jun[1]，ZHENG Hong-Hai[2]，HUANGFU Wei-Guo[3]，SHI Zu-Hua[1]，CHEN Xue-Xin[1,*] (1. Institute of Insect Sciences，Zhejiang University，Hangzhou 310029，China；2. Plant Protection Station of Xiangshan County，Xiangshan，Zhejiang 315700，China；3. Ningbo Academy of Agricultural Sciences，Ningbo，Zhejiang 315040，China)

Abstract：Morphology of immature stages of the citrus borer (*Agrilus auriventris* Saunders) was studied in details both in field and in the laboratory using Leica MZ 16A stereo microscope with Leica IM 1000 system. The results showed that eggs were creamy white when first laid，but they became yellow and wizened with age. Before hatching，white and waxen outer layer and yellow inner layer were derived from the chorion；during hatching，the larva bored directly into phloem from the bottom part of the egg adhered to the bark with sawdust-like dejecta in the chorion. The shape of larval urogomphi and the width of peristoma varied with increase of instar，and the last-instar larva made a elliptic cell in the xylem with its body folded from head to tail with a ratio of 3∶7. A prepupal stage appeared before pupation；when the pupae aged，their body turned yellow and compound eyes became rufous from creamy white，and then，a status with yellow body，rufous compound eyes and black mouthpart appeared. Before eclosion，the whole pupa became black；during eclosion，exuvia cracked as the expand the adult body. After the fore wings became black and the dorsal aspect of the abdomen blue，the adult gained all adult characters. This study further confirmed that the larvae of this beetle had 5 instars.

Key words：*Agrilus auriventris*；immature stages；morphology；chorion；hatch；pupation；eclosion

---

基金项目：浙江省科技厅重点项目(2005C22061)；宁波市科技计划项目(2004C100013)

作者简介：魏书军，男，1981 年 12 月生，山东日照人，博士研究生，从事农业昆虫与害虫治理

* **通讯作者** Author for correspondence，E-mail：xxchen@zju.edu.cn

收稿日期 Received：2006-04-07；**接受日期** Accepted：2006-10-24

柑桔爆皮虫 *Agrilus auriventris* Saunders 属鞘翅目(Coleoptera)吉丁虫科(Buprestidae)窄吉丁属 *Agrilus*，是东亚特有的一个物种，国内的分布区与柑桔分布区基本一致，国外主要分布在日本、越南和老挝(章士美和赵泳祥，1996；魏书军等，2006a)。该虫在上世纪 60 年代在浙江衢县以及 50、60 年代在日本的宫崎、熊本、和歌山和奈良两次较大规模的暴发，促使我国和日本在上世纪 60 年代对该虫进行了形态特征、生活习性、发生与环境之间的关系以及防治等方面的研究(王拱辰等，1959；Miike *et al*.，1961；Yamamoto *et al*.，1961；Isrigaya，1963；邬恤民，1964；Ohgushi，1978)。由于柑桔爆皮虫的危害具有隐蔽性，发生规律等方面的研究主要集中在田间成虫发生动态、幼虫的剖查(王拱辰等，1959；Miike *et al*.，1961；邬恤民，1964)和幼虫龄期的划分(魏书军等，2006b)方面，缺乏各个虫态的发育历期、发育起点温度等方面的研究。

研究各虫态的形态特征，摸清发育过程中各个虫态的变态过程是深入研究发育历期等方面内容的基础，也是进行预测预报等方面研究的基础。关于柑桔爆皮虫发育生物学方面的报道仅见 Ohgushi (1963)通过研究雌成虫卵巢管的发育推测了雌虫的产卵前期，其他发育相关的报道主要分散在对各个虫态形态特征的简单描述中，而没有关于柑桔爆皮虫幼期各虫态形态特征的系统性研究报道。本研究通过田间调查和室内观察相结合的方法，对柑桔爆皮虫幼期各虫态的形态变化进行了研究，以期为该虫发育历期等方面的研究提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 卵的观察

成虫产卵期在树下观察成虫刚产的卵；在长 20 cm 左右的新鲜柑桔枝段上制造宽 1 mm 左右人工裂痕，并放置在成虫产卵的柑桔树主干分叉部位，诱集成虫产卵。诱集 24 h 后，用脱脂棉和保鲜膜包裹带卵枝段的两端，经常注水保持木块的新鲜，放置到自然条件下，每天观察卵的发育状况。

1.2 幼虫和蛹的观察

剖开木质部有幼虫的柑桔枝段木块，然后将木块合拢束紧，保持蛹室和室内幼虫的完整，放到自然条件下，定期打开木块观察幼虫的化蛹过程、蛹的发育和羽化过程。各龄幼虫形态特征的观察研究方法见魏书军等(2006b)。使用 Leica MZ 16A 研究型体视解剖镜(配 Leica IM 1000 软件系统)进行观察、拍摄和测量相关特征和数据。

2 结果与分析

2.1 卵及其孵化

卵的形状不规则，近椭圆形，随所产部位不同而不同，在表皮上的卵较在裂缝中的规则(图 1：A)，直径 0.48～0.74 mm，平均 0.57±0.0629 mm。初产时乳白色，较饱满(图 1：B)，后变为浅褐色并开始皱缩(图 1：C)，末期变为黄褐色(图 1：D)。孵化前部分卵壳分离为白色蜡质外层和黄褐色内层两层，分离面积随幼虫的孵化而逐渐增大(图 1：D)。

幼虫孵化非常隐蔽，孵化时直接从卵壳贴近树皮的一侧蛀入韧皮部，蛀入过程中尾部始终在卵壳内(图 1：E)，同时将大量虫粪排入卵壳(图 1：F)。幼虫进入韧皮部后卵壳仍能保持孵化前的形状，仅白色蜡质外层和黄褐色内层分离面积比孵化前变大(图 1：F)，此特征可以作为检测卵孵化的标准。卵壳靠近树皮的一侧黏附在树皮上，在幼虫蛀入时给幼虫一定的反推力，有利于幼虫的蛀入。观察发现去除卵壳的幼虫蛀入韧皮部的时间明显长于没有去除卵壳的幼虫。有卵壳存在的条件下，幼虫从卵壳内钻出到完全蛀入韧皮部历时 12 h 左右。幼虫孵化后，用镊子轻轻挑动可将卵壳的两层分离(图 1：G)，挑破黄褐色的内层卵壳会有大量木屑状虫粪散出。

2.2 幼虫及其蛹化

初孵幼虫乳白色，后变为淡黄褐色。头小，褐色，收缩到膨大的前胸内，中后胸较窄(图 2：A，B)。中胸腹面以及前 8 个腹节背面各有一对气门，气门 C 形，胸气门明显大于腹气门(图 2：C1，C2)。在木质部和韧皮部之间取食的幼虫有时可见腹部背面深红色的背血管。腹部末端有一对黄褐色钳状突，钳状突末端圆锥形，侧缘波浪形。随着龄期的增加，幼虫的钳状突阶数和头壳的宽度分别发生有规律的变化。1 龄幼虫的钳状突从内侧观察分为 2 阶，从外侧观察为 2 阶，口上片最大宽度为 0.1196 mm；2 龄幼虫从内侧观察分为 3 阶，新增加的一阶不明显，从外侧观察为 2 阶，口上片最大宽度为 0.2008 mm；3 龄幼虫从内侧观察分为 3 阶，阶梯处比 2 龄明显，呈斜坡状，从外侧观察为 3 阶，口上片最大宽度为 0.3304 mm；4 龄和 5 龄幼虫从内侧观察均分为 3 阶，阶梯处内缢，5 龄较 4 龄更明显，从外侧观察均

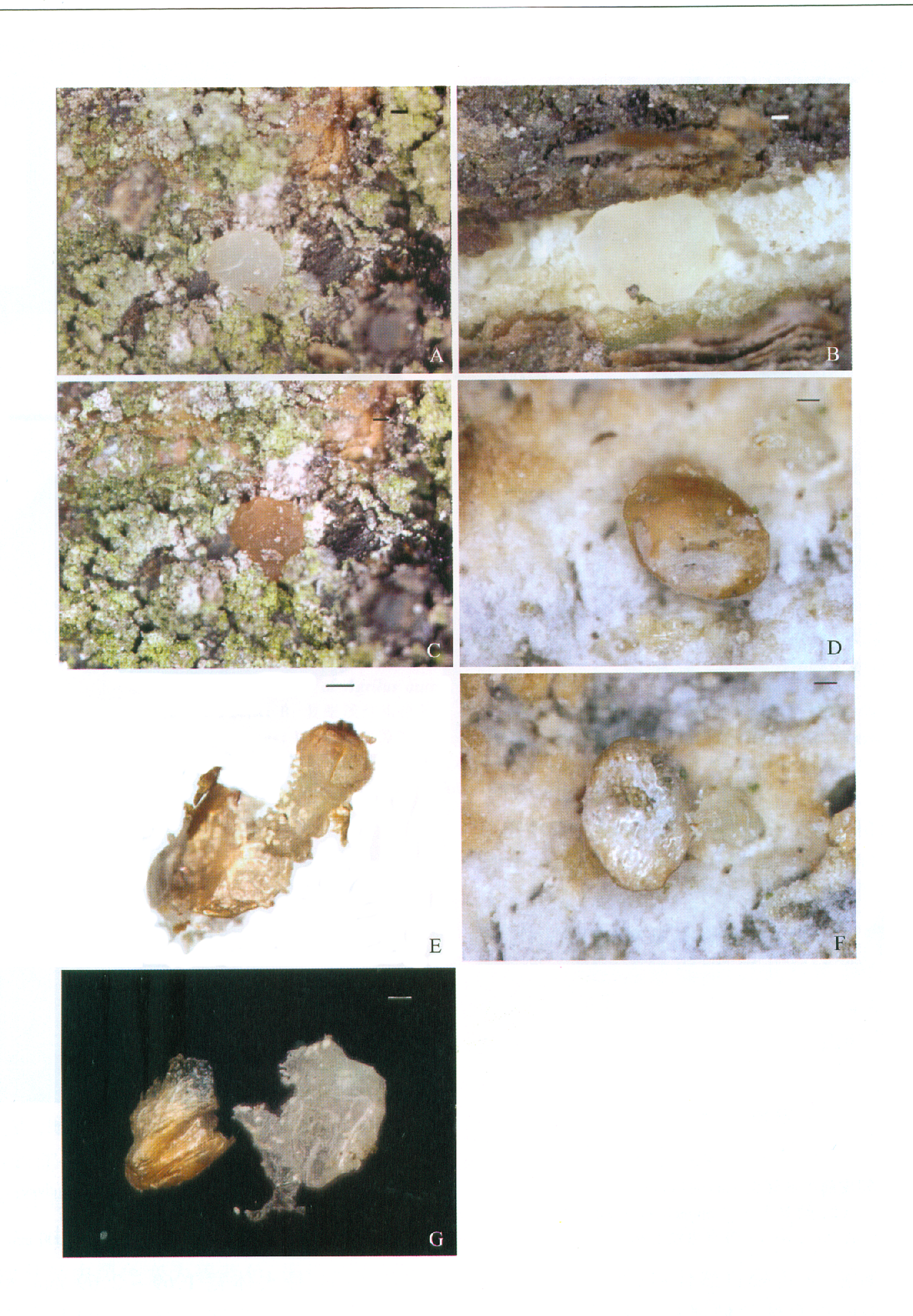


图 1　柑桔爆皮虫卵及其孵化

Fig. 1　Eggs of *Agrilus auriventris* Saunders and their hatching

A：椭圆形的卵 Elliptical egg；B：初产的卵 First laid egg；C：浅褐色皱缩的卵 Beige and wizened egg；
D：孵化前的卵 Egg before hatch；E：正在孵化的卵 Egg in hatching；F：充满虫粪的卵壳 Chorion with larval dejecta；
G：两层分离的卵壳 Separating layers of chorion．比例尺 Bars：A－G＝0.10 mm．

呈 3 阶，4 龄和 5 龄幼虫口上片最大宽度分别为 0.5150 mm 和 0.7844 mm。随着龄期的增加各龄幼虫钳状突的颜色逐渐加深（魏书军等，2006b：图 3）。

柑桔爆皮虫以末龄幼虫在木质部作一椭圆形蛹室，身体的头部和尾部以 3∶7 的比例对折。越冬期间幼虫停止活动，体液明显减少，表皮稍微皱缩（图 2：D）。春季气温回升，越冬幼虫解除滞育开始活

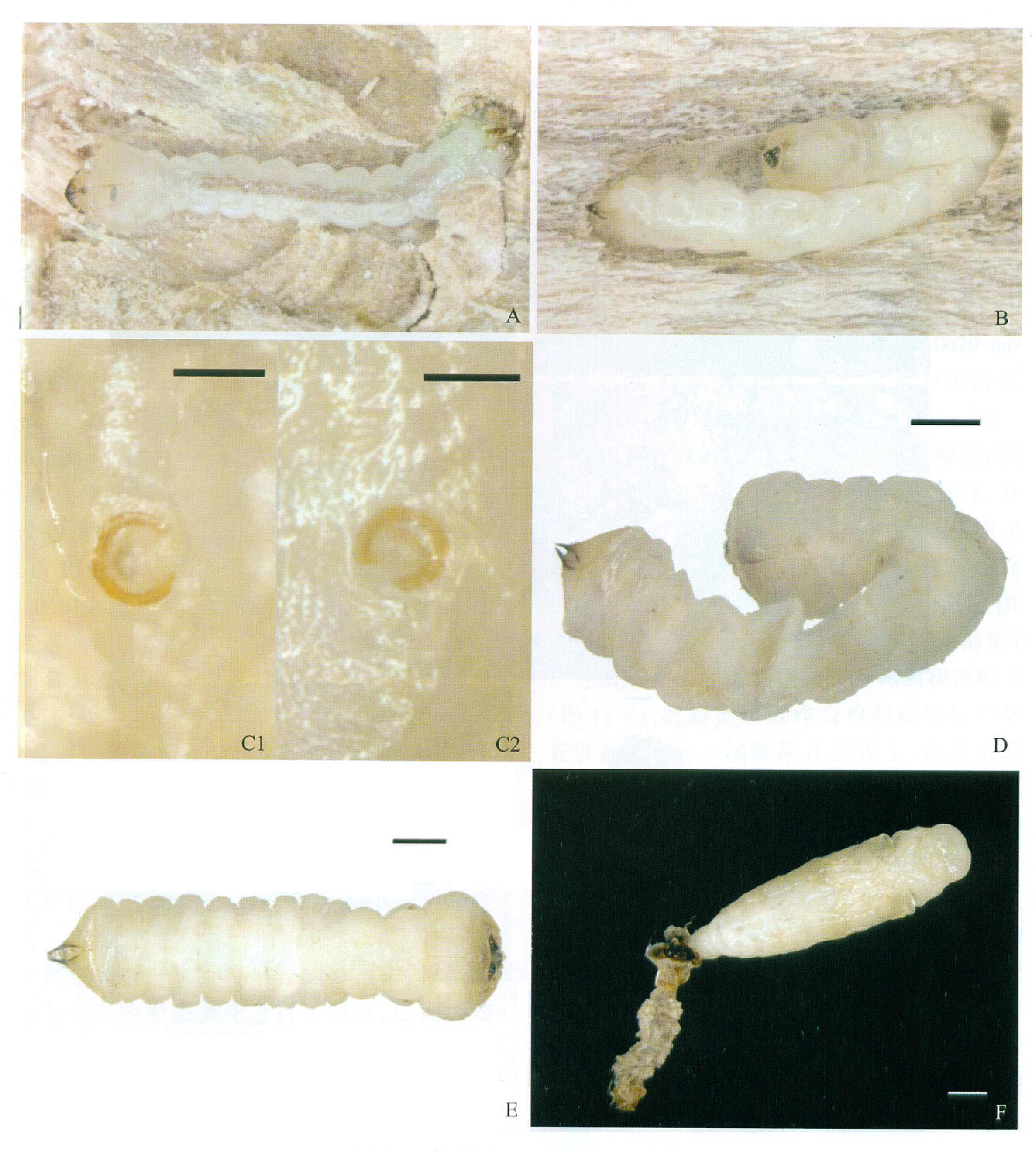


图2 柑桔爆皮虫幼虫及其蛹化

Fig. 2 Larvae of *Agrilus auriventris* Saunders and their pupation

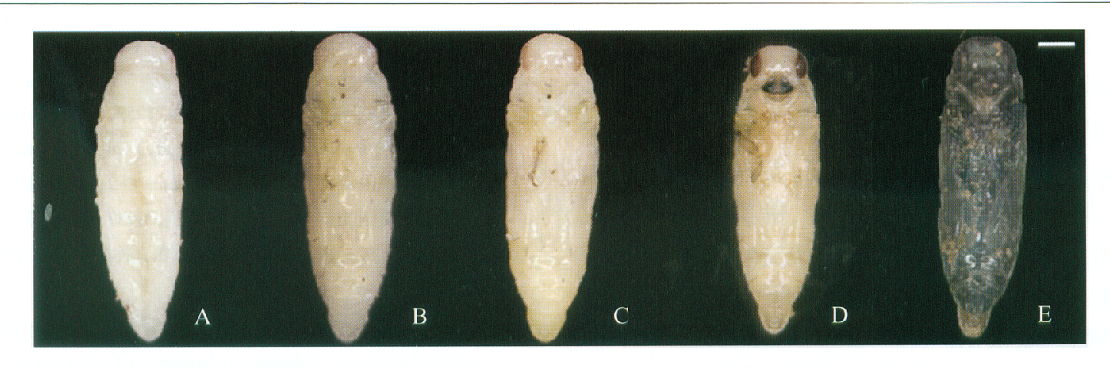
A：韧皮部中的幼虫 Larvae in phloem; B：木质部中的幼虫 Larvae in xylem; C1：幼虫胸气门 Spiracle in larval thorax; C2：幼虫腹气门 Spiracle in larval abdomen; D：皱缩的越冬态幼虫 Shrinked larvae in overwintering stage; E：预蛹 Prepupa; F：带有虫蜕的蛹 Pupa with exuvium. 比例尺 Bars: C1 = 0.16 mm; C2 = 0.10 mm; D - F = 1.00 mm.

动，身体逐渐丰满，对折处自然伸展（图2：B），身体开始缩短，随着幼虫身体的伸展和缩短，幼虫身体对折点向尾部移动，头部移向蛹室外端，尾部移向内端，当身体不能再缩短时幼虫进入预蛹期。预蛹期的幼虫头部依然缩入膨大的前胸，中胸和后胸宽于腹节，腹部体节缩短（图2：E）。经过预蛹期之后，幼虫蜕皮化蛹，初化的蛹末端带有幼虫的虫蜕（图2：F）。

2.3 蛹及其羽化

蛹扁圆锥形，长 5.7 ~ 9.02 mm，平均 7.9 ± 0.8317 mm，最大体宽 1.69 ~ 2.69 mm，平均 2.36 ± 0.2475 mm，最大头宽 1.15 ~ 1.88 mm，平均 1.61 ± 0.1354 mm。腹部前半部分两侧接近平行，后端逐渐变窄，尾部急剧变窄呈乳突状。裸蛹，触角丝状，11节，紧贴在身体表面。3对足、前翅和后翅紧贴于身体表面。腹部背面中央凹陷呈槽状。

刚化的蛹末端粘附有末龄幼虫的蜕皮（图2：G），乳白色，微带淡黄色，体表透明，透过表皮可见体液（图3：A）。复眼颜色与身体相似，在解剖镜下可以看到复眼上部表面密布红褐色小点。化蛹后蛹



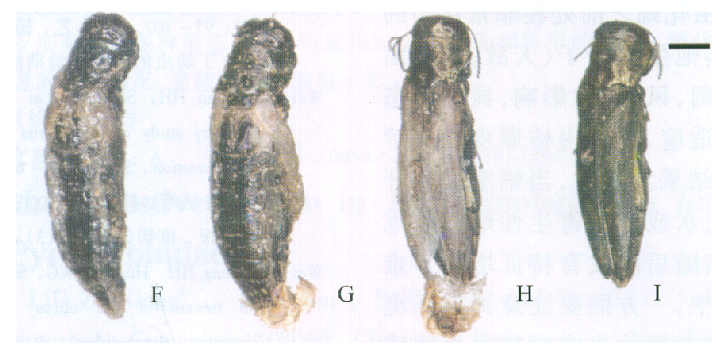


图 3　柑桔爆皮虫蛹及其羽化

Fig. 3　Pupae of *Agrilus auriventris* Saunders and their eclosion

A：初化的蛹 First pupated pupa；B：复眼浅红褐色的蛹 Pupa with rufous compound eyes；C：复眼颜色加深的蛹 Pupa with saturated rufous compound eyes；D：口器变黑的蛹 Pupa with black mouthpart；E：羽化前的蛹 Pupa before eclosion；F：开始羽化的状态 Starting status of eclosion；G：蜕皮过程 Moulting process of eclosion；H：最初羽化的成虫 Adult in primary status；I：成虫 Adult. 比例尺 Bars：A – I = 1.00 mm.

的颜色逐渐变为淡黄色，复眼颜色变为浅红褐色，与身体颜色对比明显（图 3：B）。随着时间的延长复眼的颜色逐渐加深（图 3：C），后期复眼变为红褐色，口器变黑（图 3：D）。羽化前蛹的复眼、口器和体表全部变黑（图 3：E）。

当虫体与蛹的外表皮开始发生分离时柑桔爆皮虫进入羽化过程（图 3：F）。此时成虫的体表由皱缩逐渐变饱满，颜色逐渐加深，带有金属光泽，随着成虫身体的膨胀，蛹的表皮开始蜕裂，前翅污白色，黏附在身体的侧面（图 3：G）。随着表皮的蜕裂，前翅逐渐伸展，盖住背部（图 3：H）。然后前翅颜色由污白色变成黑色，由柔软变得坚硬，并逐渐着有金属光泽，腹部背面开始由黑色变为碧蓝色，最终羽化成完整的成虫（图 3：I）。

3　讨论

柑桔爆皮虫属全变态昆虫，一生经历卵、幼虫、蛹和成虫 4 个不同的虫态。通过了解各个虫态的发育变化过程，可以初步估计柑桔爆皮虫的发育程度，是室内研究各个虫态发育历期的基础，在对发育历期的研究中可以明确各个虫态的起始点，从而更加精确的观察卵期、各龄幼虫期、蛹期和成虫的寿命，同时也是田间调查与预测预报的根据。例如，柑桔爆皮虫的卵黏附在树皮上较难剥离，一旦挑开卵壳，未孵化的卵就被破坏，幼虫孵化后直接由靠近树皮的卵壳一侧进入韧皮部，因此很难观察到幼虫的孵化情况。根据本研究的结果，通过观察卵壳白色蜡质外层和黄褐色内层两层发生分离的程度可推测卵的孵化情况。

邬恤民（1964）将柑桔爆皮虫的幼虫分为 4 龄，在对各龄幼虫形态特征的描述中认为，1 龄幼虫钳状突分为 2 节，2 到 4 龄幼虫分为 3 节，4 龄幼虫的钳状突形状较 3 龄更粗短。魏书军等（2006b）通过形态统计测量的方法推测柑桔爆皮虫的幼虫分为 5 龄。本研究以分为 5 龄的标准区分不同龄期的幼虫。比较两种分龄标准划分的各龄幼虫的特征，本研究在邬恤民报道的 1 龄和 2 龄之间增加了一个龄期的幼虫，即按 5 龄划分时的 2 龄幼虫，此 2 龄幼虫钳状突的阶数随观察方向的不同而变化，从内侧基本可以看出分为 3 阶的轮廓，而从外侧观察则分为 2 阶。这一结果进一步验证了柑桔爆皮虫幼虫分为 5 龄的结论。

目前已研究的窄吉丁属幼虫中，随着龄数的增

加钳状突的形状发生有规律的变化，但是不同种的钳状突变化规律不同。王小艺等(2005)通过电镜观察了与柑桔爆皮虫同属的白蜡窄吉丁 *Agrilus planipennis* 各龄幼虫钳状突的特征，发现1龄幼虫钳状突的内侧分为2阶，每增加1龄，钳状突内侧增加1阶，其幼虫共4龄，末龄幼虫钳状突内侧面分成5阶。因此，对窄吉丁属可以采纳钳状突特征作为分龄和分类的一项依据。

柑桔爆皮虫老龄幼虫化蛹之前处在非常封闭的环境中，极少受到外界其他生物因子(天敌，病原菌等)和非生物因子(如降雨，风等)的影响，裸蛹状态恰好与其生活的环境相适应，这是柑桔爆皮虫在特殊的生活环境中进化的结果。因此，当蛹室被打开时，幼虫和蛹非常容易失水或者受寄生性螨类的危害而死亡，这也给观察其随后的发育特征增加了难度。在以后的相关研究中，一方面要注意饲养环境的清洁，防止柑桔爆皮虫老龄幼虫或蛹被微生物感染或螨类为害；另一方面要选用劈开之后仍然可以较好闭合的蛹室，以保证随后的观察更接近自然状态。

参考文献 (References)

Isrigaya T, 1963. On the occurrence and control of citrus flat-headed borer in Wakayama Prefecture. *Plant Protection*, 17: 351 - 355.

Miike T, Uemura M, Kamimura H, 1961. Studies on the ecology and control of citrus flat-headed borer (*Agrilus auriventris* Saunders). *Report of Kumamota Fruits Experiment Station*, 1: 9 - 17.

Ohgushi R, 1963. Development of ovary and pre-oviposition period of citrus flat-headed borer, *Agrilus auriventris* Saunders under laboratory conditions. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 7: 92 - 96.

Ohgushi R, 1978. On the outbreak of the citrus flat-headed borer, *Agrilus auriventris* E. Saunders in Nagasaki Prefecture. *Researches on Population Ecology*, 19: 62 - 74.

Wang GC, Zhou ZN, Sang WH, Wang CL, 1959. Research report on the citrus borer (*Agrilus auriventris* Saund.) in Qu County, Zhejiang Province. *Journal of Zhejiang Agricultural College*, 4 (1): 99 - 113. [王拱辰，周正南，桑文华，王承烈，1959. 浙江衢县柑桔爆皮虫(*Agrilus auriventris* Saund.)研究报告. 浙江农学院学报，4(1): 99 - 113]

Wang XY, Yang ZQ, Liu GJ, Liu ES, 2005. Larval instars and stadia of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). *Scientia Silvae Sinica*, 41(3): 97 - 102. [王小艺，杨忠岐，刘桂军，刘恩山，2005. 白蜡窄吉丁幼虫的龄数和龄期测定. 林业科学，41(3): 97 - 102]

Wei SJ, Zheng HH, Shi ZH, Lai CH, Xu PQ, Chen XX, 2006a. A preliminary study on the citrus borer, *Agrilus auriventris* Saunders. *Plant Protection*, 32(3): 78 - 81. [魏书军，郑宏海，施祖华，赖朝晖，许培薯，陈学新，2006a. 柑橘暴发性害虫－柑桔窄吉丁研究初报. 植物保护，32(3): 78 - 81]

Wei SJ, Zheng HH, Huangfu WG, Shi ZH, Chen XX, 2006b. Division of larval instars of the citrus borer, *Agrilus auriventris* Saunders (Coleoptera: Buprestidae). *Acta Entomologica Sinica*, 49(2): 302 - 309. [魏书军，郑宏海，皇甫伟国，施祖华，陈学新，2006b. 柑桔爆皮虫幼虫龄期的划分. 昆虫学报，49(2): 302 - 309]

Wu XM, 1964. Study on the citrius buprestidae beetle, *Agrilus auriventris* Saunders. *Acta Phytophylacica Sinica*, 3(1): 61 - 70. [邬恤民，1964. 柑桔爆皮虫(*Agrilus auriventris* Saunders)及其防治. 植物保护学报，3(1): 61 - 70]

Yamamoto S, Kamimura H, Iwasaki M, 1961. On the investigations of citrus flat-headed borers and gummosis in orchard. *Report of Kumamota Fruits Experiment Station*, 1: 1 - 8.

Zhang SM, Zhao YX, 1996. The Geographical Distribution of Agricultural and Forest Insects in China. Beijing: China Agriculture Press. 111 pp. [章士美，赵泳祥，1996. 中国农林昆虫地理分布. 北京：中国农业出版社. 111页]

(责任编辑：袁德成)